

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(51) Int. Cl.  
G06F 17/30

(45) 공고일자 1999년01월15일  
(11) 등록번호 특0169808  
(24) 등록일자 1998년10월13일

(21) 출원번호 특1995-006918  
(22) 출원일자 1995년03월29일  
(73) 특허권자 삼성증공업주식회사, 경주현  
대한민국  
100-161  
서울특별시 종구 봉래동 1가 25번지

(65) 공개번호 특1996-035312  
(43) 공개일자 1996년10월24일

(72) 발명자 도기상  
대한민국  
대전광역시 유성구 문지동 326번지  
석태군  
대한민국  
대전광역시 유성구 문지동 326번지

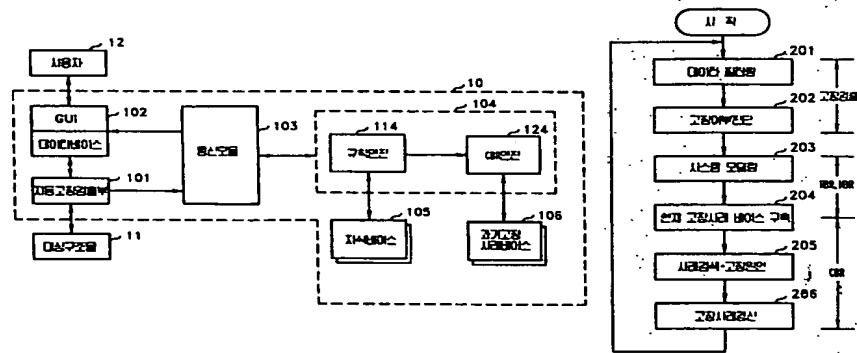
(74) 대리인 조의제  
(77) 심사청구 심사관: 이은철

**(54) 출원명 고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단방법**

**요약**

본 발명은 과거의 고장진단 정보를 사례베이스화하여 고장진단 결과의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단방법에 관한 것이다. 본 발명의 고장 진단용 전문가 시스템은 현재의 고장진단 정보를 사례베이스화하는 제1과정과, 정합알고리즘을 이용하여 현재 고장상황의 정보를 가지고 고장이라고 예상할 수 있는 가능한 요소를 그하는 제2과정과, 순위(Ranking)알고리즘을 이용하여 구축되어진 현재 고장사례와 과거의 고장진단 정보를 비교하여 과거 고장사례중 가장 유사한 사례를 찾아내는 제3과정, 및 현재 고장사례를 이전 고장 사례에 등록할 것인지를 판별하는 제4과정으로 이루어진다.

**대표도**



**명세서**

[발명의 명칭]

**고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단방법**

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고장 진단용 전문가 시스템을 나타내는 구성도.

제2도는 제1도의 전문가 시스템에서 대상 구조물의 고장을 진단하기 위한 절차를 나타내는 흐름도.

제3도 (a) 및 (b)는 제2도의 고장진단절차에서 고장검출을 위한 대상 구조물의 각 구성요소 및 그 동작타이밍을 나타내는 도면.

제4도는 제1도의 추론기관에서 대상 구조물에 대한 시스템모델링과정을 나타내는 개념도.

제5도는 제1도의 지식베이스내에 저장되는 각 요소들에 대한 고장유형을 정의하는 구성도.

제6도는 (a)-(d)는 제1도의 지식베이스내에 저장되는 현재 고장 정보에 대한 사례베이스화한 구성도.

제7도는 정합알고리즘 수행시 필요한 구조들을 나타낸 도면.

제8도는 제1도의 과거 고장사례베이스내에 있는 이전 고장정보이 구성포맷을 나타낸 도면.

제9도는 제1도의 CBR엔진으로부터 추출한 고장진단결과 포맷을 나타내는 구성도.

제10도는 고장진단결과의 신뢰도를 높이기 위하여 추가적으로 부여되는 구성포맷을 나타내는 구성도.

#### \* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 전문가 시스템	11 : 대상 구조물
12 : 사용자	101 : 자동고장검출부
102 : 데이터베이스/GUI	103 : 통시모듈
104 : 추론기관	105 : 지식베이스
106 : 과거 고장사례베이스	114 : 규칙엔진
124 : CBR엔진	

#### [발명의 상세한 설명]

본 발명은 설비내의 고장을 인식 및 진단하기 위한 전문가 시스템(Expert System)에 관한 것으로서, 특히 고장을 신속하게 진단하여 고장진단의 신뢰도를 높일수 있도록 한 고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단방법에 관한 것이다.

전문가 시스템과 같은 지식 시스템은 전문가에 의해 사용되는 추론 업무를 에뮬레이트하는 컴퓨터 시스템이다. 이런한 지식 시스템은 전형적으로 지식베이스(Knowledge Base)내에 저장된 엔코드된 전문가의 지식을 번역하는데 추론엔진(Inference Engine)을 사용한다. 지식베이스의 영역 또는 문제의 범위가 충분히 좁고, 충분히 큰 규모의 지식이 지식베이스내에 적당히 코드된다면, 전문가 시스템은 전문가의 능력에 필적하는 또는 그를 초과하는 성능을 달성할 수 있다. 이처럼, 전문가 시스템은 어려운 문제를 해결하기 위하여 전문가의 지식을 적용시키는 것으로, 반복적인 방법에 의한 문제해결행위로서 사고와 개념을 나타내기 위해 심볼을 사용한다. 전문가 시스템은 문제분야의 특수한 영역에 국한된 전문지식을 저장한 지식베이스가 있고, 이 지식베이스에는 지식이 사실이나 규칙의 형태로 저장된다. 전문가 시스템의 핵심 부분은 추론기관인데, 이는 현 상황에 적합한 규칙을 찾아내고, 이를 수행시키는 역할을 담당한다. 그러나, 사용자 입장에서는 이런한 전문가 시스템을 보다 편하게 다루고 싶어한다. 이를 위하여 지원하는 부분(Supporting Environment)을 전문가 시스템의 개별기루로부터 얻어화서 사용한다. 이런한 지원부분 중에서 중요한 것은 사용자가 보다 쉽게 자료를 처리하고 전문가 시스템과 통화를 하기 위한 입출력장치(Input/Output Interface 혹은 User Interface)부분과 문제분야의 전문가로부터 지식베이스를 구축, 변경 등을 하기 위한 지식획득부분(Knowledge Acquisition Part)이 중요하다. 이렇듯 지식베이스, 사용자 인터페이스, 추론기관, 지식획득의 네부분을 전문가 시스템의 기본구조라고 한다. 여기서, 지식베이스의 구성을 규칙과 사실로써 나타내었다.

전문가 시스템은 의료용장비, 기계 또는 전자장비 등 사용 범위에 제한되지 않는다. 크레인과 같은 구조물 장비내의 고장을 진단하기 위한 종래의 전문가 시스템에서는, RBR, MBR, CBR등의 방법을 독립적으로 사용하였다. 여기서, RBR(Rule Base Reasoning)은 기본적으로 행해지는 추론 방법으로서 전향추론 또는 후향추론방법을 사용하여 결과를 도출해 내는 방법이다. MBR(Model Base Reasoning)은 장비 자체의 구조와 기능을 체계적으로 지식베이스에 모델로서 구조화시킴으로서 규모가 크거나 복잡한 내용의 추론을 더욱 정확하고 상세하게 그리고 용이하게 하는 방법이다. CBR(Case Base Reasoning)은 과거이 진단사례들을 지식베이스에 저장하였다가 새로운 상황이 입력되었을 때 유사한 과거 상황을 추론하여 비교, 혹은 유사한 분석을 하는 방법으로 결과를 도출해 내는 방법이다.

하지만, 종래 고장 진단용 전문가 시스템은 고장진단 지식을 사전에 규칙으로 구축해 놓고(예를 들면, If-Then형태), 고장이 발생했을 때 이 지식을 가지고 진단해 나가는 형태인데, 이런한 방법은 진단하고자 하는 방비의 각각의 소자들에 감지되는 데이터포인트가 없으면 진단해낼수 없는 문제점이 있었다. 그리고, 장비의 사용여부(장비의 사용이력정보)에 따라 고장 발생률이 달라지는데, 이를 시스템에서 적절히 반영치 못함으로써 진단결과의 확신도가 떨어진다. 또한 계속해서 발생되는 새로운 고장패턴을 반영치 못한다.

따라서, 본 발명의 목적은 전술한 문제점을 해결할 수 있도록 RBR, MBR, CBR기법의 장점들을 각각 혼합하여 사용할 수 있는 하이브리드 CBR기법을 구축함으로써 고장진단결과의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단방법을 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 과거의 진단경험들과 그 당시의 상황정보를 지속적으로 갱신, 저장하여 관리함으로서 유사 고장발생시 빠르게 진단할 수 있는 고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단방법을 제공함에 있다.

이와 같은 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 고장 진단용 전문가 시스템은 대상 구조물내의 고장을 진단하기 위한 전문가 시스템에 있어서, 대상 구조물을 이루는 각 구성요소들로부터 감지되는 신호에서 필요한 신호만을 추출하고, 추출된 신호를 사전 정해진 규칙에 적용하여 고장여부를 판단하는 자동고장검출부와, 상기 자동고장검출부에서 고장으로 판단되는 경우 내지사용자로부터 고장진단요구가 발생하는 경우 RBR과 MBR기법을 이용하여 대상 구조물에 대한 시스템모델링과정을 수행한 후, 그 결과를 현재의 고장정보사례로 만들어 이를 현재 사례베이스로 구축하는 규칙엔진과, 규칙엔진에서 구축된 현재 고장정보를 과거 고장사례베이스에 저장된 이전 현재 사례베이스를 구축하는 규칙엔진과 규칙 엔진에서 구축된 현재 고장정보를 과거 고장사례베이스에 저장된 이전 고장 정보와 비교하여 고장원인을 찾는 CBR엔진으로 된 추론기관과, 이전 고장 정보를 사례베이스화하여 저장하는 과거 고장사례베이스와, 상기 추론기관의 규칙엔진에서 구축된 현재 고장정보를 사례베이스화하여 저장하는 지식 베이스, 및 기 추론기관의 CBR엔진으로부터 구한 고장원인을 화면모니터링시키는 GUI와 고장정보 및 고장상황에 대한 데이터베이스를 포함하고, 상기 지식베이스는 (1)고장증상과 그 고장증상에 부여되는 코드와, (2)고장이 발생될 수 있는 대상이 되는 요소들에 대한 리스트와 그 고장요소에 부여되는 코드와, (3)고장증상과 고장발생가능요소 및 해당 고장들에 관련된 감지된 신호값들로 나타내는 고장유형, 및 (4)고장발생가능요소와 고장유형 및 고장날 확률로 나타내는 고장일 가능성 있는 요소들에 대한 리스트로 현재 고장정보에 대한 사례베이스를 구축하는 것을 포함한다.

본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 고장 진단 방법은 대상 구조물내의 고장 진단하기 위한 방법에 있어서, 대상 구조물의 작업상황에 따라 기설정된 동작시간이 반영된 각 구성요소의 동작상태를 모델링과정을 통해 분석하여 고장여부를 판별하는 단계와, 상기 고장판별단계의 모델링과정을 통해 분류된 현재 상황정 고장진단정보로 사례베이스를 구축하는 단계, 정합알고리즘과 순위(Ranking)알고리즘을 통해 상기 현재고장사례베이스구축단계의 현재 고장정보와 과거의 고장진단정보를 비교하여, 과거 고장사례중 가장 유사한 사례로부터 현재의 고장원인을찾아내는 단계, 및 현재 고장정보를 사례 베이스화된 과거의 고장진단정보로 갱신하는 단계를 포함한다.

이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 기술하기로 한다.

제1도는 본 발명에 따른 고장 진단용 전문가 시스템을 나타내는 구성도이고, 제2도는 제1도의 전문가 시스템(10)에서 대상 구조물(11)의 고장을 진단하기 위한 절차를 나타내는 흐름도이다.

제1도에서, 고장 진단용 전문가 시스템(10) 진단이 수행될 대상 구조물(11)과 양호하게 친숙한 사용자(12)사이에서 수행된다. 전문가 시스템(10)은 제2도에 도시한 바와 같은 절차를 통해 대상 구조물(11)의 고장을 진단한다.

대상 구조물(11)의 고장을 진단하기 위해 먼저, 고장 진단용 전문가 시스템(10)의 자동고장검출부(101)는 대상 구조물(11)의 각 구성요소들로부터 발생되는 데이터를 필터링하여 필요한 데이터만을 추출한다(단계 201). 자동고장검출부(101)는 데이터필터링단계에서 추출된 데이터를 사전 정해진 규칙에 적용하여 고장여부를 판단하는 고장판단단계를 수행하여(단계 202), 고장을 검출한다. 여기서, 고장검출은 작업상황에 따라 발생되는 정보(I/O상태)를 모듈별 동작시간에 따라 관리하여 이를 통해 수행한다. 고장 진단용 전문가 시스템(10)의 자동고장검출부(101)는 대상구조물(10)의 어느 요소에서 고장이 났으면, 메모리 내지 디스크상에 고장정보 및 고장상황을 데이터베이스(102)로 구축하고, 사용자(12)가 인식할 수 있도록 GUI(Graphic User Interface)를 통해 화면모니터링시킨다. 한편, 사용자(12)는 추출을 통해 고장을 감지하는 경우 고장진단요구를 GUI(102)를 통해 입력한다. 사용자(12)내지 자동고장검출부(101)로부터 요구되어지는 고장진단은 통신모듈(Inter Process Communication Module)(103)을 통해 추론기관(104)에 인식된다. 추론기관(104)에서는 먼저, RBR 및 MBR기법이 적용된 규칙엔진(114)에서 시스템 모델링단계를 수행한 후(단계 203), 현재 상황정보를 가지고 고장진단정보(Current Case)를 구축한다(단계 204). 구축된 고장진단정보는 지식베이스(105)내에 저장된다. 시스템 모델링단계(단계 203)에서는 계속해서 감지되는 데이터를 감시하고, 모델링절차에 따라 분석한 후 고장여부를 자동판별해 나간다. 현재 고장진단정보를 지식베이스(105)에 저장한 후(단계 204), 고장 진단용 전문가 시스템(10)의 추론기관(104)은 CBR기법이 적용된 CBR엔진(124)에서 현재 고장정보를 갱신하면서 과거 고장사례베이스(106)에 저장된 이전 고장정보와 비교하여 고장원인을 찾는다(단계 205). 고장원인을 찾기 위해 순위(Ranking)알고리즘과 정합(Matching)알고리즘을 사용한다. 먼저, 현재 고장정보를 하기 식1로 나타낼 수 있는 순위(Ranking)알고리즘에 적용한다. 순위(Ranking)알고리즘은 구축되어진 현재 고장정보와 과거의 고장진단경험의 정보셋트인 이전 고장정보와 비교하여 과거 고장정보중에 가장 유사한 사례를 찾아내는 알고리즘이다.

수학식

$$hi = \sum_{i=1}^n \frac{sfi}{N} \dots \text{식1}$$

여기서,  $sfi$ 는 Sensor Functions이며,  $hi$ 는 순위(Ranking Rate)로서, 현재 고장정보에 후술할 정합알고리즘에서 구해진 가능한 요소들을 현재 고장예상부품 후보로 반영한다. 이 순위(Ranking)알고리즘에서 사용되는 아이템들로는 첫째, SFS(Sensor Functions, Current I/O Value Set)이고, 둘째, 해당 고장에서 발생할 수 있는 가능한 요소(부품)셋트, 셋째, 정합알고리즘에서 구한 가능한 요소리스트 및 고장날 확률이다.

정합알고리즘은 하기 식2로 나타낸 바와 같이 후보요소들의 가중치, 중요도, 빈도수, 수명등을 사용하며, 현재 고장상황의 정보를 가지고 고장이라고 예상할 수 있는 부품을 선정하는 데 사용된 알고리즘이다.

수학식

$$Wi = (ai * f1) + (bi * f2) + (ci * f3) \dots \text{식2}$$

여기서,  $Wi$ 는 정합률이고,  $f1, f2, f3$ 은 순위요소(Ranking Factor)이며,  $ai$ 는 중요도,  $bi$ 는 고장빈도수,  $ci$ 는 장비수명을 나타낸다. 정합알고리즘에서는 고장이 검출되면 고장이 발생될 수 있는 요소들을 모델링과정을 통하여 구한다. 그리고, 구축되어진 현재 고장 정보를 사전정의되어진 각 가능한 요소들에 대한 고장유형과 비교하여 각각의 정합률을 구한다. 여기서, 가능한 요소들에 대한 고장유형은 여러개 존재할 수 있다. 1차적으로 구한 정합률에서 일정률이상(75%)되는 요소를 선정한 후 선정된 요소들에 대해 다시 중요도, 고장빈도수, 수명을 반영하여 2차 정합률을 구한다.

이와 같이 정합알고리즘을 통해 구한 정합률을 순위(Ranking)알고리즘에 적용하여 CBR엔진(124)에서 고장원인을 찾으면(단계 205), 그 고장원인을 통신모듈(103)을 통해 GUI(102)로 전송한다. GUI(102)는 전송받은 고장원인 즉, 고장진단결과를 화면모니터링하여 사용자(12)가 인식할 수 있도록 한다. 한편, 고장 진단용 전문가 시스템(10)의 추론기관(104)에서 CBR엔진(124)은 현재 고장정보를 과거 고장사례베이스(106)에 이전 고장정보로 등록할 것인지를 판별하여 고장정보등록 및 빈도수관리를 수행한다(단계 206).

제3도는 고장진단 대상 구조물을 크레이언 예로 든 경우 고장진단 결과가 나올 수 있는 요소들에 대한 동작시간에 따라 고장검출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다. 제3도 (a)에 나온 바와 같이, 크레이언에서는 자업버튼(31), 전송페이지(32,39), 제어로직부(33,38), 유압펌프(34), 슬레노이드밸브(35), 액추에이터(36), 리스위치(37), 램프(40) 등을 고장 발생이 가능한 소들로 제시하였다. 사용자가 원하는 작업버튼(31)을 누르면 해당 작업신호가 발생하여 각 요소들을 작동시킨다. 원하는 작업이 이루어 지면 램프(40)에 발광표시되어 사용자에게 작업이 이루어짐을 인식시킨다. 제3도 (b)에서, 한주기의 동작시간동안 작업버튼(31)이 오프(OFF)상태에서 온(ON)상태로 전환되면 작업이 시작된다. 여기서, 작업버튼(31)은 온상태에서 바로 오프상태로 전환되는 a상태의 신호를 발생한다. 작업버튼(31)에서 a상태의 신호가 발생된 시점이 소정 경과한 후 제어로직부(33)에서는 a상태 신호보다 온시간이 조금 긴상태의 b신호를 발생한다. 제어로직부(33)에서 b상태 신호가 발생된 시점이 소정 경과한 후 유압펌프(34)에서는 b상태 신호보다 온시간이 아주 긴상태의 c신호를 발생한다. 유압펌프(34)에서 c상태의 신호가 발생된 시점이 소정 경과한 후 슬레노이드밸브(35)에서는 c상태 신호보다 온시간이 조금 긴상태 즉, 작업 완료시점까지 온상태를 유지하는 d상태의 신호를 발생한다. 여기서는 작업버튼(31)이 온상태가 된 시점부터 슬레노이드밸브(35)가 온되어 오프상태로 전환되는 시점까지를 1주기의 동작시간으로 한다. 앞서 설명되지 않은 액추에이터(36)에서 램프(40)까지의 요소들에 대해서도 정해진 동작시간을 통해 고장여부를 판단하다. 이처럼, 온라인상태에서 발생되는 데이터를 계속 모니터링수행한다. 즉, 동작시작을 인식하여 각 작업별 동작시간을 설정하여 동작상태를 인식하고, 해당 작업이 정상적으로 완료될 때까지 동작되어지는 I/O상태를 관리한다. 예를 들어, 조작자가 하나의 동작을 수행할 때 사건을 수행시킬 때 일방적인 시스템은 30초정도 경과한 후에 고장 발생여부를 인식할 수 있다. 물론, 데이터상태를 세밀히 관찰하면 그 이전에도 검출이 가능하다. 이때 이 조작의 결과가 나오기까지 감지되는 신호가 10개가 있다면 감지값이 30초까지 유지되는 것도 있지만 대부분 자기는 동작되고 리셋되어 버린다. 그러면, 30초 후에 진단을 수행하려고 보면, 현재 남아있는 데이터 즉, 고장난후에 데이터를 가지고 진단하는 오류가 발생된다. 작업상황의 모든 데이터를 히스토리관리하는게 아니라, 사건이 발생되어진 I/O값을 관리하고 고장이 발생되면 정해진 작업순서에 따라 분석하여 최적의 현재 I/O값을 유출해 내고, 이 현재 데이터를 고장 진단에 이용한다.

제4도는 제1도이 규칙엔진(114)에서 대상 구조물(11)에 대한 시스템 모델링과정을 나타내는 개념도이다. 먼저, 대상 구조물(11)들을 다수의 모듈(Module:M)로 분류하며, 각각의 모듈(M)은 다수의 스트림(Stream:S)으로 분류되고, 각각의 스트림(S)은 다수의 요소(Components:C)로 분류된다. 이처럼, 대상 구조물(11)에서 발생할 수 있는 모든 고장증상에 대하여 구조적(기계적)부위별로 분류한다. 그런 다음, 분류된 각각에 대하여 임의의 코드를 부여한다. 각 고장에 대하여 고장이 발생 가능한 요소를 구한다. 요소들은 감지되는 I/O값으로 판별되거나 있는 요소와 I/O값으로 판별되지 않는 요소들로 분류된다. 각 요소들에 대하여 고자유형을 정의한다.

제5도 및 제6도는 제1도의 지식베이스(105)내에 저장되는 고장진단정보의 포맷을 나타낸 구성도이다. 제5도는 각 요소들로부터 발생할 수 있는 고장유형(Failure Mechanism;FM)을 정의하는 구성도로서, 대상 구조물(11)을 이루는 각 구성요소들의 고장유형(FM)별 일련번호(FM NO)와 해당하는 구성요소명(Mechanism Description)과, 고장이 발생했을 경우 해당요소의 I/O값(Sensore Function Description), 및 해당 복구방법을 안내한 복구가이드로 이루어진다. 제6도는 고장원인을 정확히 찾아내기 위해 구조물의 기능적 지식을 가지고 현재 상황을 도식화한 구성도이다. 제6도 (a)는 고장증상(Symptom)과 그 고장증상에 부여되는 코드(Fault Code)로 고장증상을 정의한다. 제6도 (b)는 고장증상별로 고장이 발생될 수 있는 대상이 되는 요소들에 대한 리스트(Possible Component List)와 그 고장 요소에 부여되는 코드(Fault Code)로 고장발생가능한 요소들을 정의한다. 제6도 (c)는 앞서 정의된 고장증상과 고장발생가능요소에 대한 각각의 포맷에 해당 고장들에 관련된 감지된 I/O값들에 대한 셋트(Sensor Function)를 부여하여 고장유형을 정의한다. 그리고, 제6도 (d)는 앞서 정의한 고장발생가능요소와 고장유형에 대한 각각의 포맷에 해당 요소가 현재 고장날 확률(Matching Value)을 부여하여 가능요소들중 고장일 가능성 있는 요소들에 대한 리스트(Potential Diagnosis)를 정의한다.

제7도는 정합알고리즘 수행시 필요한 구성요소들을 나타낸 구성도로서, 제6도에 도시한 바와 같은 포맷을 갖는 현재 고장정보의 사례베이스와, 각 요소별 고장유형셋트에서 중요로 하는 감지값을 설정하여 부여한 중요도, 대상 요소의 고장 빈도수, 대상 요소의 수명이 필요하다.

제8도는 제1도의 과거 고장사례베이스(106)에 이전 고장정보의 사례가 베이스화된 포맷을 나타내는 구성도로서, 고장증상별로 부여된 코드영역과, 해당 고장들에 관련된 I/O감지값의 셋트(Sensor Function;SFS)와, 고장이 발생되었을 때 고장이 발생될 수 있는 대상요소리스트(Possible Component;PC)와, 가능한 요소들중에서 고장일 가능성 있는 요소리스트(Potential Diagnosis;PD), 및 고장 복구하고 사용자가 실제로 복구한 요소(Final Diagnosis;FD)로 이루어진다.

이와 같이 작동되는 본 발명의 고장 진단용 전문가 시스템은 제9도에 도시한 바와 같은 고장진단결과 포맷을 갖는다. 제9도에서, 대상구조물(11)에서 발생할 수 있는 간능한 모든 고장증상(Symptom)과, 그 원인, 고장율, 고장진단결과가 나오기 전까지의 과정을 설명한 트레이스, 복구가이드를 한구조를 갖는다.

제10도는 고장진단결과의 신뢰도를 높이기 위하여 필요에 따라 사용자가 육안으로 판별할 수 있는 고장증상아이템들과 가능한 요소들을 한 포맷으로 정의하여 하기식3으로 나타낸 재배열율을 구한다.

## 수학식

$$ri = (Wi * f) + (hi * g) \dots \dots \langle \text{식3} \rangle$$

여기서,  $ri$ 는 재배열율이고,  $Wi$ 는 정합율,  $hi$ 는 순위율(Ranking Rate),  $f, g$ 는 순위요소(Ranking Factor)이다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 고장 진단용 전문가 시스템 및 고장진단 방법은, 계속적으로 과거사례들을 도출해내 시뮬레이션할 수 있어 초보자 훈련에도 유용하게 사용될 수 있다. 또한, RBR, MBR, CBR기법의 장점들을 발췌한 하이브리드CBR기법을 사용하여 고장진단결과의 신뢰도를 향상시킬 수 있으며, 전혀 새로운 고장상황에 대해서도 과거의 유사상황을 도출해내 진단해 주므로써 사용자의 고장진단에 도움을 주고, 고장정보의 자동갱신으로 다음에 같은 문제가 발생되면 바로 고장원인을 제시할 수 있는 효과를 갖는다. 그리고, 전문가 시스템의 지식축적이 용이하게 일관성있게 관리되어 진다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

대상 구조물의 고장을 진단하기 위한 전 **1** 시스템에 있어서, 대상 구조물을 이루는 각 **2** 요소들로부터 감지되는 신호에서 필요한 신호만을 추출하고, 추출된 신호를 사전 정해진 규칙에 적용하여 고장여부를 판단하는 자동고장검출부; **3**기 자동고장 검출부에서 고장으로 판단되는 경우 내지 사용자로부터 고장진단요구가 발생; 경우 RBR과 MBR기법을 이용하여 대상 구조를 대한 시스템 모델링과정을 수행한 후, 그 결과를 현재의 고장 정보사례로 만들어 이를 현재 사례베이스로 구축하는 규칙엔진과, 규칙엔진에서 구축된 현재 고장정보를 과거 고장사례베이스에 저장된 이전 고장정보와 비교하여 고장원인을 찾는 CBR엔진으로 되 추론기관; 이전 고장정보를 사례베이스화하여 저장하는 과거 고장사례베이스; 상기추론기관의 규칙엔진에서 구축된 현재 고장정보를 사례베이스화하여 저장하는 지식베이스; 및 상기 추론기관의 CBR엔진으로부터 구한 고장원인을 화면모니터링시키는 GUI와 고장정보 및 고장상황에 대한 데이터베이스를 포함하고, 상기 지식베이스는 (1)고장증상과 그 고장증상에 부여되는 코드, (2)고장이 발생될 수 있는 대상이 되는 요소들에 대한리스트와 그 고장요소에 부여되는 코드, (3)고장증상과 고장발생가능요소 및 해당 고장들에 관련된 감지된 신호값들로 나타내는 고장유형, (4)고장발생가능요소와 고자유형 및 고장날 확률로 나타내는 고장일 가능성이 있는 요소들에 대한 리스트로 현재 고장정보에 대한 사례베이스를 구축하는 것을 특징으로 하는 고장 진단용 전문가 시스템.

#### 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 추론기관의 규칙엔진에서는 상기 대상구조물에서 발생할 수 있는 모든 고장 증상에 대하여 구조적 부위별로 분류하는 제1과정과, 분류된 각각에 대하여 발생할 수 있는 고장 증상을 분류하는 제2과정과, 분류된 고장 증상 각각에 대하여 임의의 코드를 부여하는 제3과정과, 각 고장에 대하여 고장이 발생 가능한 요소를 구하는 제4과정, 및 각 요소들에 대하여 고장유형을 정의하는 제5과정으로 모델링하여 고장을 진단해내는 것을 특징으로 하는 고장 진단용 시스템.

#### 청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 추론기관의 CBR엔진에서는 다음의 식으로 나타낸 정합알고리즘을 이용하여 현재 고장상황의 정보를 가지고 고장이라고 예상할 수 있는 부품을 선정함을 특징으로 하는 고장 진단용 전문가 시스템

$$Wi = (ai * f1) + (bi * f2) + (ci * f3)$$

여기서,  $Wi$ 는 정합률이고,  $f1, f2, f3$ 은 순위요소(Ranking Factor)이며,  $ai$ 는 후보요소들의 중요도,  $bi$ 는 고장빈도수,  $ci$ 는 장비수명을 나타낸다.

#### 청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 정합알고리즘에서는 고장이 검출되면 고장이 발생될 수 있는 요소들을 모델링과정을 통하여 구하고, 구축되어진 현재 고장정보를 사전 정의 되어진 각 가능한 요소들에 대한 고장유형과 비교하여 각각의 정합률을 1차적으로 구하며, 1차적으로 구한 정합률에서 일저율이상되는 부품을 선정한 후 선정된 부품들에 대해 다시 중요도, 고장빈도수, 수명을 반영하여 2차 정합률을 구하여 고장발생가능한 부품을 찾아내는 것을 특징으로 하는 고장 진단용 전문가 시스템.

#### 청구항 5.

제3항에 있어서, 상기 추론기관의 CBR엔진에서는 고장원인을 찾기 위해 하기 식으로 나타낸 순위(Ranking)알고리즘에 통해 현재 고장 정보와 과거의 고장 진단경험의 정보셋트인 이전 고장정보와 비교하여 과거 고장정보중에 가장 유사한 사례를 찾아내는 것을 특징으로 하는 고장 진단용 전문가 시스템.

$$hi = \sum_{i=1}^n \frac{sfi}{N}$$

여기서  $sfi$ 는 Sensor Function이며,  $hi$ 는 순위율(Ranking Rate)로서, 현재 고장정보에 상기 정합알고리즘에서 구해진 가능한 요소들을 현재 고장에상부품 후보로 반영한다.

#### 청구항 6.

제5항에 있어서, 상기 추론기관의 CBR엔진에서는 현재 고장정보에 대해 이전 고장정보로의 등록여부를 판별하여 상기 과거 고장사례베이스에 이전 고장정보로 간선하는 것을 특징으로 하는 고장 진단용 전문가 시스템.

#### 청구항 7.

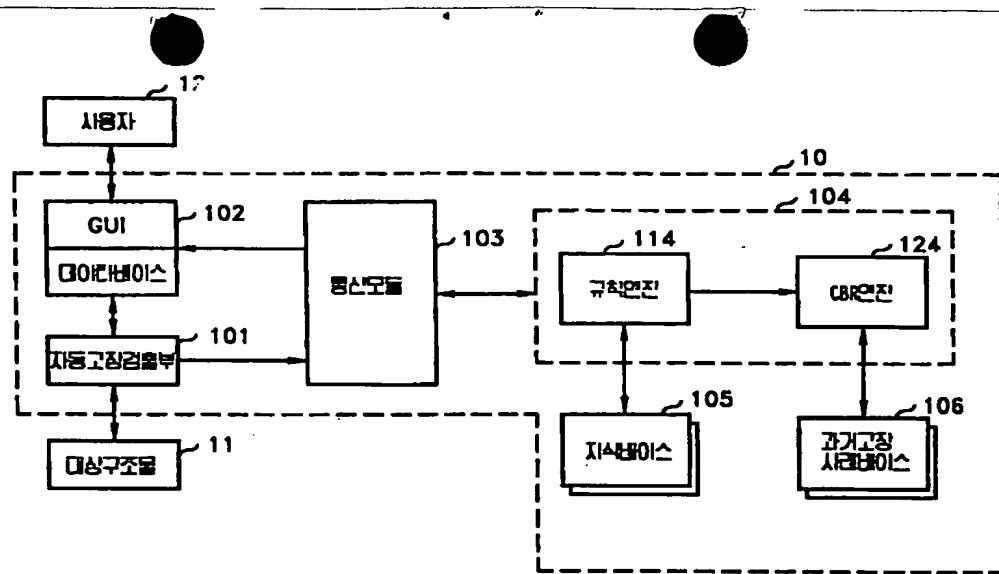
제1항에 있어서, 상기 과거 고장 사례베이스에서는 고장증상 별로 부여된 코드, 해당 고장들에 관련된 감지된 I/O값, 고장이 발생될 수 있는 대상 요소 리스트, 가능한 요소들중에서 고장일 가능성이 있는 요소 리스트, 실제 고장 복구한 요소들을 고장사례 베이스로 데이터베이스화하는 것을 특징으로 하는 고장 진단용 전문가 시스템.

#### 청구항 8.

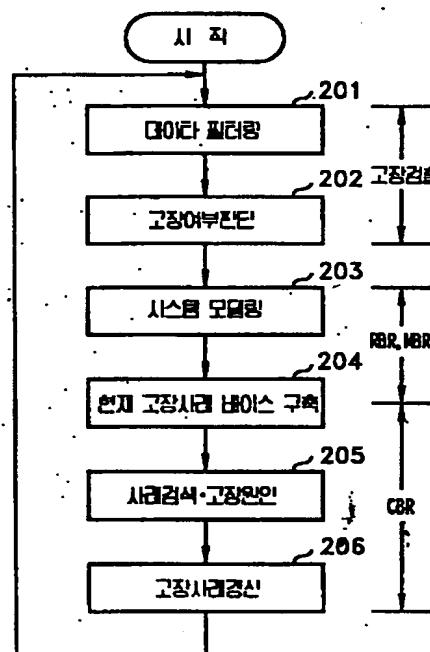
대상 구조물내의 고장을 진단하기 위한 방법에 있어서, 대상 구조물의 작업상황에 따라 기설정된 동작시간이 반영된 각 구성 요소의 동작상태를 모델링과정을 통해 분석하여 고장여부를 판별하는 단계; 상기 고장판별단계의 모델링과정을 통해 분류된 현재 상황정보를 고장 진단 정보로 사례 베이스를 구축하는 단계; 정합 알고리즘과 순위(Ranking)알고리즘을 통해 상기 현재 고장사례 베이스 구축단계의 현재 고장정보와 과거의 고장진단 정보를 비교하여, 과거 고장사례중 가장 유사한 사례로부터 현재의 고장원인을 찾아내는 단계; 및 현재 고장정보를 사례 베이스화된 과거의 고장진단정보로 간선하는 단계를 포함하는 고장 진단 방법.

#### 도면

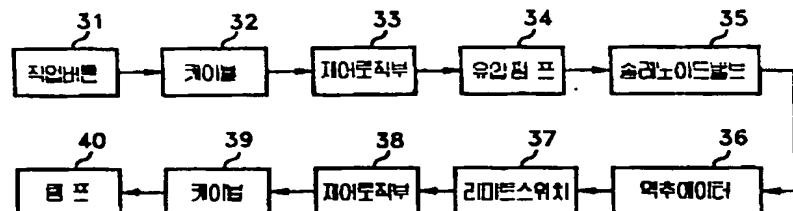
도면 1



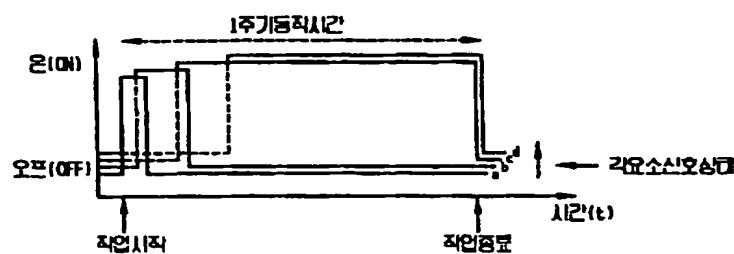
도면 2



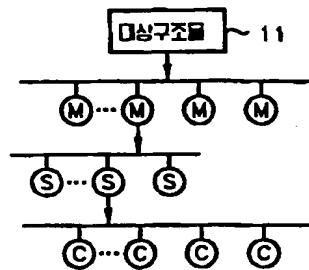
도면 3a



도면 3b



도면 4



도면 5

고장유형별 일련번호 (FM NO)	구성요소명 (Mechanism Description)	I/O값 (Sensor Function Description)	복구가이드
-----------------------	----------------------------------	---------------------------------------	-------

도면 6a

증상 (Symptom)	코드 (Fault Code)
-----------------	--------------------

도면 6b

고장발생가능요소리스트 (Possible Component List)	코드 (Fault Code)
--	--------------------

도면 6c

고장증상 (Symptom,Fault Code)	고장발생가능요소 (Possible Component)	I/O값 (Sensor Functions)
------------------------------	----------------------------------	----------------------------

도면 6d

고장발생가능요소 (Possible Component)	I/O값 (Sensor Functions)	고장값확인 (Matching Value)
----------------------------------	----------------------------	---------------------------

도면 7

현재 고장정보 사례베이스	중요도	빈도수	수명
---------------	-----	-----	----

도면 8

코드 (Fault Code)	I/O값 (SFS)	고장발생가능요소 (PC)	고장가능요소 (PD)	복구요소 (FD)
--------------------	---------------	------------------	----------------	--------------

도면 9

증상 (Symptom)	고장원인	고장을	트레이스	복구가이드
-----------------	------	-----	------	-------

도면 10

목안판별 고장증상아이템 (Visual Check Item)	고장발생가능요소 (Possible Component)
-------------------------------------	----------------------------------